

# ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК НА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКИХ СЕНСОРОВ

Косых А.С. \*, Малахова Н.А., Сараева С.Ю., Колядина Л.И.,  
Вохминцев А.С., Ищенко А.В., Вайнштейн И.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: aleno-4ka@list.ru

В настоящее время углеродные нанотрубки (УНТ) широко используют в качестве модификаторов при изготовлении электрохимических преобразователей (электродов). Благодаря большой удельной поверхности, хорошей проводимости и высокой адсорбционной способности удастся снизить предел обнаружения тяжелых металлов в растворах методом адсорбционной инверсионной вольтамперометрии. В то же время отсутствуют сведения о влиянии геометрических параметров УНТ (диаметра, длины, аспектного отношения, количества слоев и т.д.) на чувствительность электродов. Таким образом, цель настоящей работы заключалась в исследовании влияния УНТ разной морфологии на чувствительность модифицированного электрода на примере определения ионов железа методом адсорбционной инверсионной вольтамперометрии.

Для модифицирования толсто пленочного углеродсодержащего электрода (ТУЭ) использовались три типа образцов, имеющих разных производителей: УНТ-1 (НОЦ НАНОТЕХ, УрФУ, Россия), УНТ-2 и УНТ-3 (Sigma-Aldrich, Германия). Сначала все типы УНТ обрабатывали в смеси концентрированных серной и азотной кислот для удаления примесей катализатора и образования концевых кислородсодержащих групп. Затем 1 мг очищенных УНТ диспергировали в 5 мл 0.2% этанольного раствора нафiona в течение 5 мин в условиях ультразвукового перемешивания. Полученную суспензию, содержащую 0.2 мг/мл УНТ, наносили микропипеткой на поверхность ТУЭ.

Исследования морфологии имеющихся образцов УНТ проводились на растровом электронном микроскопе Sigma VP компании Carl Zeiss. Получено, что все образцы УНТ представляют собой многостенные нанотрубки со средним диаметром  $d \approx 9$  нм и длиной 2.5–20 мкм (УНТ-2), 23 нм и 5–15 мкм (УНТ-1), 147 нм и 5–9 мкм (УНТ-3).

Исследования чувствительности модифицированных электродов проводились с использованием вольтамперометрического анализатора ИВА-5 в модельном растворе, содержащем 0.1 моль/л ацетата натрия и  $5 \cdot 10^{-4}$  моль/л пирокатахола. Концентрация ионов Fe (III) в растворе варьировалась в диапазоне 0.2–5 мкг/л. Электролиз проводился при потенциале 0.1 В и времени накопления 5 с.

По результатам оценки линейности градуировочных графиков сделан вывод, что электроды, модифицированные УНТ, обладают большей чувствительностью

по сравнению с электродом без УНТ. Наилучшие результаты были получены на ТУЭ с УНТ-1 и УНТ-3. Показано, что чувствительность электродов увеличилась в 2.4 раза для УНТ-3 и в 2.6 раз для УНТ-1 при концентрации Fe (III) 0.5 мкг/л. На ТУЭ с УНТ-2 и без УНТ аналитический сигнал Fe (III) в указанных условиях не регистрировался.

Можно предположить, что понижение предела обнаружения ионов Fe (III) при модифицировании электродов УНТ может быть обусловлено увеличением емкости и/или уменьшением сопротивления электрода. Сделаны выводы о необходимости учета типа электрической проводимости УНТ при их использовании в качестве модификаторов электродов в адсорбционной инверсионной вольтамперометрии.

## **ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ НАНОТРУБОК ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ ПРИ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОМ ВОЗБУЖДЕНИИ**

Кожевина А.В.<sup>\*</sup>, Вохминцев А.С., Камалов Р.В., Вайнштейн И.А.

Уральский федеральный университет имени первого Президента России

Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

\*E-mail: [physics@yandex.ru](mailto:physics@yandex.ru)

Диоксид циркония, наноструктурные модификации которого представляют большой интерес для применений в фотовольтаике и фотокатализе, является широкозонным материалом с энергетической щелью 5.8–7.1 эВ. При этом общепризнанно, что дефекты и морфология образцов  $ZrO_2$  в значительной степени и определяют его фотокаталитическую активность. В то же время фотолюминесценция (ФЛ) является одним из спектроскопических методов определения ширины запрещенной зоны, энергетических характеристик собственных и примесных центров, а также изучения рекомбинационных механизмов в материале. В этой связи цель работы заключалась в исследовании ФЛ свойств нанотрубчатого слоя диоксида циркония, синтезированного методом анодного окисления в присутствии фторид ионов.

Процесс анодирования проводился в электрохимической ячейке с термостатированием. В качестве анода выступала пластина из циркониевого сплава Э110 (Nb 1 мас. %) толщиной 0.3 мм, а катода – стальная пластина. Электролитом служил этиленгликоль с добавкой 1 мас. % соли  $NH_4F$ . Процесс электрохимического окисления проводился в потенциостатическом режиме в течение 15 мин при напряжении 20 В и температуре 20 °С. Перед началом окисления анодная пластина травилась в смеси кислот  $HF$  и  $HNO_3$ , подвергалась ультразвуковой обработке в течение 10 мин, промывалась дистиллированной водой и сушилась ацетоном.